

Les différentes étapes de réduction du minéral de fer dans un haut-fourneau

Réduction du minéral de fer dans un haut fourneau

1-Document: description d'un haut fourneau.

La fonction du haut fourneau est de transformer par des réactions d'oxydoréduction successives les oxydes de fer contenus dans le minéral en fer puis en fonte qui est un alliage de fer et de carbone. Le document ci-dessous indique les différentes réactions qui se produisent suivant la température.

La réduction du minerais de fer dans un haut fourneau source:académie de Besançon

Le mélange coke + minéral de fer (sous forme essentiellement d'oxyde de fer(III) Fe_2O_3) est enfourné par le gueulard, en haut. Au cours de la descente, les températures rencontrées sont de plus en plus élevées, ce qui favorise certaines réactions chimiques. La plupart d'entre elles libèrent de la chaleur, à commencer par la combustion du coke avec le dioxygène de l'air à la base du haut fourneau.

$\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$

$\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2 \text{CO}$

C'est le monoxyde de carbone CO qui va, en montant dans le haut fourneau, réduire les oxydes de fer qu'il rencontre.

Près du gueulard, vers 500 °C :

$3 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2 \text{Fe}_3\text{O}_4$

(le rapport O/Fe passe de 3/2 à 4/3 : c'est bien une réduction de l'oxyde Fe_2O_3).

Au milieu de la cuve, entre 600 et 900 °C :

$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 3 \text{FeO}$

Enfin, vers 1000 °C :

$\text{FeO} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{Fe}$

le monoxyde de carbone CO, qui a pris un atome d'oxygène à FeO, l'a réduit ; FeO, qui a cédé un atome O à CO, l'a oxydé.

Signalons qu'à ces températures, le fer peut se combiner avec le carbone pour donner des cristaux de cémentite Fe_3C dont le mélange avec le fer constitue la **fonte** recueillie à la sortie du creuset. Des traitements ultérieurs seront nécessaires pour la transformer en diverses qualités d'acier.

3. Haut fourneau



Coulée de fonte en bas du haut-fourneau

2-Questions:

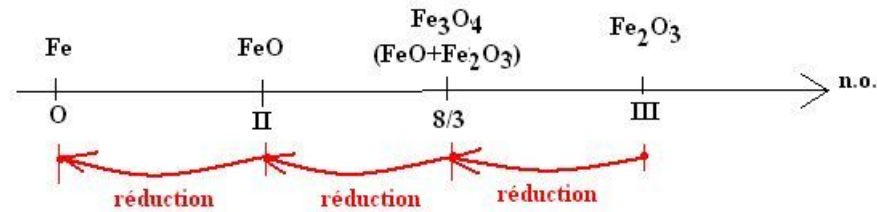
- 1-Déterminer les nombres d'oxydation (n.o.) du fer dans les 4 composés suivants: Fe_2O_3 (hématite), Fe_3O_4 (magnétite), FeO , Fe , et classer les composés par ordre croissant de leur n.o.
- 2-Indiquer les différentes étapes de réduction dans le haut-fourneau.
- 3-Quel est le réducteur? En quel produit est-il transformé?
- 4-Quelle masse de fer peut-on obtenir à partir d'une tonne de minerai contenant 30% en masse d'oxyde de fer Fe_2O_3 , les réactions étant totales.

Correction

1-Nous prenons n.o.(O)=-II:

| Composé | Somme algébrique | n.o.(Fe)= |
|-------------------------|--|------------|
| Fe_2O_3 | $2 \cdot \text{n.o.}(\text{Fe}) + 3(-\text{II})=0$ | III |
| Fe_3O_4 | $3 \cdot \text{n.o.}(\text{Fe}) + 4(-\text{II})=0$ | +VIII/3(*) |
| FeO | $\text{n.o.}(\text{Fe}) + (-\text{II})=0$ | +II |
| Fe | | 0 |

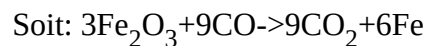
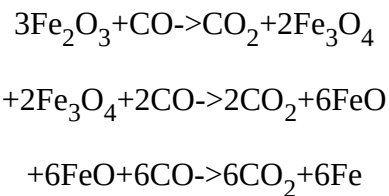
(*) Ce résultat surprenant est dû au fait qu'en faisant le calcul, nous admettons que l'élément fer a le même nombre d'oxydation dans chacun des 3 atomes de fer ce qui n'est pas la réalité. L'oxyde magnétique de fer peut s'écrire sous la forme: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$. Il comporte donc l'élément fer au nombre d'oxydation +III dans Fe_2O_3 et +II dans FeO . Ainsi le nombre VIII/3 représente une moyenne, ce qui ne signifie pas que des fractions d'électrons soient échangées!



De la droite vers la gauche sur l'échelle le nombre d'oxydation du fer diminue, les composés subissent dans ce sens une réduction. C'est ce qui se produit dans le haut fourneau de haut en bas.

3-Le réducteur est le monoxyde de carbone CO qui est oxydé en CO_2 .

4-L'addition des réactions successives donnent:



L'équation de la réaction permet d'écrire la relation entre quantités de matière:

$$\frac{n_{\text{Fe}_2\text{O}_3\text{disp}} \text{ (mol)}}{3} = \frac{n_{\text{Feformé}} \text{ (mol)}}{6} \Rightarrow \frac{m_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}{M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{2M_{\text{Fe}}}$$

Détermination des masses molaires atomiques et moléculaires

$$M_{\text{Fe}} = 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}; M_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 2 \cdot 56 + 3 \cdot 16 = 160 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

On en déduit la masse de fer recueillie :

$$m_{\text{Fe}} = \frac{2 \cdot M_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} \cdot m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{2 \cdot 56}{160} \cdot \frac{30}{100} \cdot 10^3 \text{ kg} = 0,21 \cdot 10^3 \text{ kg} = 210 \text{ kg}$$